# RÉPONSE DU SECTEUR DES SCIENCES AUX DEMANDES D'INFORMATION PRÉSENTÉES LORS DES AUDIENCES SUR L'ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DU PROJET D'OLÉODUC DE LA PÉTROLIÈRE ENBRIDGE CONCERNANT L'ÉVALUATION DU RISQUE BIOLOGIQUE ET GESTION DES DÉVERSEMENTS

## Contexte

Le 15 mai 2012, la Division de l'évaluation environnementale et des grands projets (DEEGP) de Pêches et Océans Canada (MPO), région du Pacifique, a demandé au Secteur des sciences du MPO de la même région, de lui donner un avis au sujet des demandes d'information particulières présentées à la Commission d'examen conjoint du projet Enbridge que le Secteur des sciences du MPO est en mesure d'évaluer grâce à son expertise. Étant donné que les demandes d'information pour lesquelles un avis du Secteur des sciences a été demandé visent un grand nombre de questions et de disciplines scientifiques, ce secteur a formulé des réponses distinctes pour chaque catégorie de demandes d'information et, dans certains cas, pour des demandes d'information particulières. En plus des questions scientifiques, certaines demandes d'information comprenaient des éléments touchant les politiques, la gestion ou les renseignements juridiques du MPO.

La présente réponse des Sciences examine les questions liées à la gestion des déversements de bitume dilué et de condensat, ainsi qu'à l'évaluation du risque biologique pour les espèces suivantes : hareng du Pacifique, flétan du Pacifique, phoque commun et eulakane du district de Prince Rupert, de Haida Gwaii et de la côte centrale. Cette réponse examine plus précisément la gravité et la durée prévues des impacts d'un déversement au niveau des individus, des populations et des habitats, ainsi que les interactions avec d'autres agents de stress.

Ce rapport de réponse des Sciences découle d'un processus spécial de réponse des Sciences (PSRS) régional du Secrétariat canadien de consultation scientifique de Pêches et Océans Canada qui a eu lieu le 29 mai 2012 au sujet de l'avis scientifique faisant suite aux demandes d'information soumises par des intervenants relativement au processus de la commission d'examen chargée de l'évaluation environnementale du projet d'oléoduc de la pétrolière Enbridge. Toute autre publication découlant de ce processus sera ajoutée, une fois disponible, au Calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada à l'adresse suivante : http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/index-fra.htm.

## Renseignements de base

Le promoteur du projet d'oléoduc Northern Gateway de la pétrolière Enbridge propose de transporter du bitume dilué de Kitimat (Colombie-Britannique) jusqu'aux marchés de la Chine et de la Californie au moyen de pétroliers de la catégorie très gros transporteur de brut (TGTB) (Vol. 1, B1-2, demande visant le projet Northern Gateway d'Embridge déposée en vertu de l'article 52). La route de navigation, qui débute à Kitimat, passe dans les voies navigables restreintes de la Colombie-Britannique et se rend jusque dans les eaux libres du détroit d'Hecate, de l'entrée Dixon et du détroit de la Reine-Charlotte en Colombie-Britannique, est illustrée à la Figure 1. Aux fins de l'évaluation, le projet Northern Gateway d'Enbridge englobe deux zones : la zone d'évaluation des eaux confinées du chenal (ZEECC) (Figure 2) et la zone d'évaluation des eaux libres (ZEEL), qui s'étend des eaux de la Colombie-Britannique jusqu'aux limites de la mer territoriale (Figure 1). Les navires qui entrent dans le passage transporteront des cargaisons de condensat. Le promoteur du projet Northern Gateway de la pétrolière Enbridge estime que 71 pétroliers transportant du condensat et 149 pétroliers transportant du pétrole feront escale au terminal de Kitimat, pour un total de 440 transits par année (Vol. 8C, B3-37, demande visant le projet Northern Gateway d'Enbridge déposée en vertu de l'article 52). Un terminal maritime sera construit près de Kitimat et comportera deux postes d'amarrage pour les pétroliers et un poste d'amarrage pour les navires utilitaires (Vol. 1, B1-2, demande visant le projet Northern Gateway d'Enbridge déposée en vertu de l'article 52).

Le MPO a présenté deux demandes d'information à la Commission d'examen conjoint. Le promoteur du projet de pipeline Northern Gateway d'Enbridge a répondu aux deux demandes d'information. Depuis, un intervenant a examiné les documents de l'évaluation environnementale préparés par le promoteur (Enbridge Northern Gateway) ainsi que les demandes d'information. Les réponses fournies par le promoteur ont poussé les intervenants à poser une nouvelle série de questions au MPO. Ce document examine les questions posées par les intervenants à Pêches et Océans Canada au sujet des risques biologiques associés aux déversements qui pourraient résulter du projet Northern Gateway proposé par la société Enbridge.

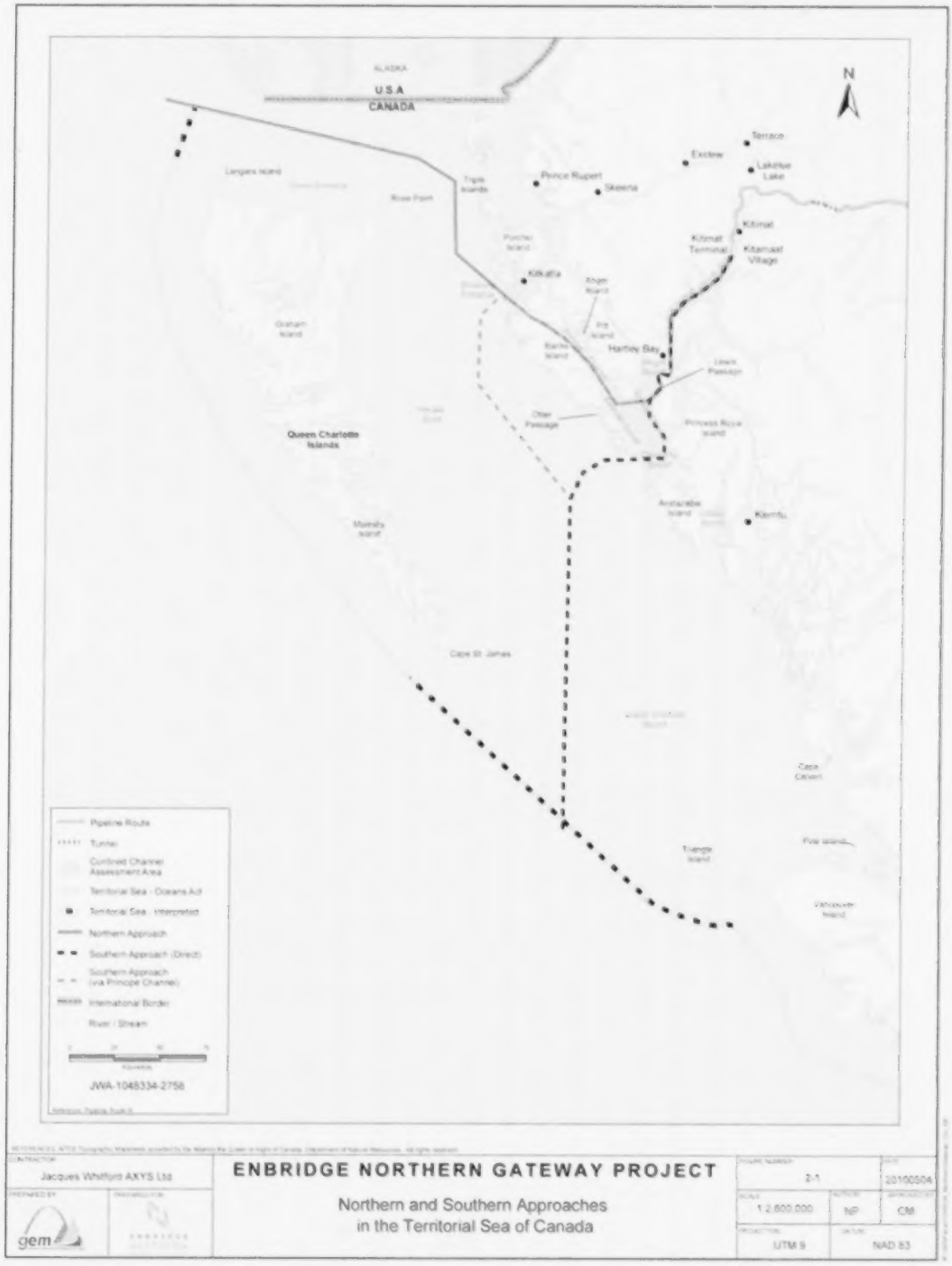


*Figure 1. Carte illustrant les routes de navigation proposées des pétroliers dans la zone d'évaluation des eaux confinées du chenal et dans la zone d'évaluation des eaux libres (ZEECC et ZEEL). La ZEEL s'étend jusqu'aux limites de la mer territoriale (tirée du volume B9-42 du projet de pipeline Northern Gateway de la pétrolière Enbridge).*

*Figure 2. Carte illustrant l'emplacement et l'étendue de la zone d'évaluation des eaux confinées du chenal (ZEECC) (tirée du volume 8B de la demande visant le projet Northern Gateway d'Enbridge déposée en vertu de l'article 52).*

## Analyse et réponses

Les paragraphes qui suivent énoncent les diverses questions soumises par les intervenants aux scientifiques de Pêches et Océans Canada. Dans certains cas, plusieurs questions ont été regroupées pour fournir une seule réponse globale. L'analyse et la réponse de la Direction des sciences de Pêches et Océans Canada suivent.

- Veuillez fournir des renseignements décrivant les voies par lesquelles les espèces et les stocks précités seraient ou pourraient être touchés par un déversement de condensat ou de bitume dilué aux divers stades de leur cycle vital, ou sont susceptibles d'être touchés [fournir des renseignements comparables aux renseignements prévus pour les espèces sélectionnées dans le Volume 7C (articles 7.4 à 7.11) et le Volume 8C (articles 8.4 à 8.11) de la demande].
- Veuillez fournir des renseignements détaillés sur les points suivants : i. la gravité et la durée prévues des impacts pour les ressources précitées, au niveau des individus (c.-à-d. les effets sur la santé et la survie des individus touchés); ii. la gravité et la durée prévues des impacts pour les ressources précitées, au niveau des populations (c.-à-d. les effets qui en résulteraient sur la distribution et l'abondance de chaque population, en tenant compte de l'état actuel de la population et des autres agents de stress auxquels elle est exposée); iii. la gravité et la durée prévues des impacts pour les habitats importants des cinq espèces précitées (c.-à-d. frayères, refuges, aires d'alimentation, radeaux de dispersion, etc.) qui pourraient être touchés, la durée des impacts de même que la probabilité de rétablissement et les mécanismes prévus à cette fin.
- Veuillez fournir des renseignements indiquant comment les impacts d'un déversement pourraient rendre les espèces précitées plus sensibles à d'autres agents de stress, notamment : i) les changements climatiques; ii) les cycles océanographiques ou climatiques comme El Niño et l'oscillation décennale du Pacifique; iii) les maladies; iv) la mortalité par pêche; v) l'altération de l'habitat; et vi) les relations trophiques (concurrence et prédation).

Le plan proposé par le promoteur pour atténuer les effets biologiques potentiels des déversements de bitume dilué consiste en l'élaboration de programmes de surveillance des effets sur les milieux marin et terrestre, qui comporteront des mesures de surveillance avant et après la construction. Des projets de documents cadres décrivant le Programme de surveillance des effets sur le milieu marin (« PSEMM ») et le programme de surveillance des effets du pipeline sur l'environnement ont été présentés à Environnement Canada et à Pêches et Océans Canada à des fins de commentaires (voir la réponse de Northern Gateway à la demande de renseignements 2.66 du gouvernement fédéral). Une fois terminés, les documents cadres seront remis à la Commission d'examen conjoint. Afin que les scientifiques de Pêches et Océans Canada puissent répondre aux types de questions soulevées précédemment et soient en mesure de commenter plus à fond le PSEMM proposé, il sera essentiel qu'ils aient accès aux données brutes (c.-à-d. vidéos, données de navigation et bases de données d'interprétation connexes) des travaux des promoteurs.

Bien que les questions soulevées par les intervenants soient importantes, les scientifiques de Pêches et Océans Canada sont incapables de quantifier les impacts sur des régions et des biotes précis, car ceci nécessiterait d'autres recherches et études.

Les effets biologiques des contaminants environnementaux, y compris les substances en cause ici, peuvent être divisés en deux catégories selon leur toxicité : toxicité aiguë et toxicité sublétale. La toxicité aiguë fait référence aux doses létales, tandis que les effets sublétaux peuvent être cumulatifs et s'exercer à long terme. Toute information sur la toxicité et les effets biologiques est

spécifique du produit chimique en question. Par conséquent, en l'absence d'études détaillées sur les constituants précis du bitume dilué et sur les propriétés du condensat, il est impossible de fournir des données exactes.

Il existe de nombreuses études et références qui examinent les effets aigus et sublétaux sur certains des groupes d'espèces visés; ces travaux aideront Pêches et Océans Canada et les autres parties à déterminer les secteurs prioritaires à étudier (Waldichuck 1993; Nie *et al.* 2010; Incardona *et al.* 2011; Peterson *et al.* 2003).

Eulakane

Comme l'eulakane est une espèce anadrome, la plupart des déversements n'auraient pas d'incidence sur les œufs en incubation dans les rivières. Certains craignent toutefois que des œufs vivants soient transportés par advection dans des eaux d'estuaire, où ils pourraient être exposés à des hydrocarbures en cas de déversement (en particulier des composants hydrosolubles). C'est sans doute en mars et en avril, ainsi qu'aux endroits situés les plus près des routes empruntées par les pétroliers, que le risque serait le plus grand, la rivière Kitimat étant le cours d'eau où les risques sont les plus élevés, suivie des autres rivières s'écoulant dans le chenal Gardner. Dans la plupart des autres régions, les risques pour les œufs d'eulakane seraient probablement moins élevés (Hay et McCarter, 2000).

Entre les mois d'avril et de juin, les larves d'eulakane sont largement dispersées dans les eaux de surface (10 m supérieurs) des bras de mer côtiers et des zones adjacentes. Durant cette période de l'année, les larves d'eulakane dans les eaux du chenal marin de Douglas et du chenal Gardner seraient les plus sensibles à un déversement causé par un pétrolier. De même, les larves d'eulakane dans l'estuaire de la rivière Skeena pourraient elles aussi être exposées. Le risque serait sans doute moindre pour les larves de la plupart des autres populations d'eulakane, à moins que des hydrocarbures ne soient transportés par advection sur de longues distances, depuis les routes de navigation prévues jusqu'à des eaux intérieures comme le chenal Dean (où sont présents les eulakanes de la rivière Bella Coola) ou les régions du détroit de Johnstone (McCarter et Hay, 1999).

On en connaît très peu sur l'emplacement des habitats des eulakanes juvéniles, si ce n'est qu'il s'agit probablement d'habitats benthiques. Une préoccupation particulière concerne les eulakanes juvéniles et vise à savoir si ceux-ci passent la majeure partie de leurs premiers stades de vie dans les eaux intérieures, comme le chenal marin de Douglas et le chenal Gardner. Le cas échéant, les juvéniles seraient particulièrement sensibles à tout déversement qui surviendrait dans ces régions (Hay et McCarter, 2000).

Les eulakanes adultes sont présents dans les zones de plateau du détroit d'Hécate; ces poissons proviennent probablement de plusieurs rivières de frai différentes, y compris toutes les rivières à eulakane connues situées le long de la côte centrale et de la côte nord de la Colombie-Britannique. Bien que certaines études laissent croire à des mouvements diurnes (études récentes menées en Oregon), on croit en général que les eulakanes adultes restent dans les eaux plus profondes (50 à 200 m). À ces endroits, ces poissons seraient vulnérables à tout produit pétrolier qui pénètrerait dans les habitats benthiques (Hay et McCarter, 2000).

En ce qui a trait aux eulakanes prégénésiques, on sait que ces poissons se rassemblent dans des zones marines attenantes aux rivières de frai. Il est donc probable que certaines concentrations d'eulakanes prégénésiques soient présentes dans le chenal marin de Douglas adjacent à la rivière Kitimat, de même que dans d'autres rivières qui se jettent dans le chenal marin de Douglas et le chenal Gardner. Des eulakanes prégénésiques se rassemblent également dans l'estuaire de la rivière Skeena. Ces concentrations pourraient être sensibles à des déversements de pétrole. Même si l'eulakane ne se nourrit pas à ce stade (c'est une espèce sémelpare), certaines données (provenant d'études toxicologiques sur le fleuve Fraser)

indiquent que des substances toxiques hydriques pourraient s'accumuler dans des tissus corporels de l'eulakane, comme le foie. Selon certains, ceci serait dû au fait que l'eulakane doit s'adapter au changement de salinité et donc que les poissons ingèrent d'abondantes quantités d'eau pour conserver leur pouvoir d'osmorégulation en eau douce (Hay et McCarter, 2000).

Quant aux œufs d'eulakane, il est peu probable qu'ils soient exposés à des hydrocarbures (Rogers et Birtwell, 1990). Même si la gravité des impacts sur les larves individuelles d'eulakane varierait selon l'exposition, il est probable qu'une exposition intense (p. ex., d'une durée de 30 jours) serait létale (Rogers et Birtwell, 1990). On ignore comment réagiraient les eulakanes juvéniles et adultes sur le plan individuel, et d'autres recherches devront être menées, notamment pour évaluer le risque que l'exposition au pétrole rende les eulakanes sensibles aux maladies (comme c'est le cas pour le hareng) (Rogers et Birtwell, 1990).

Comme on en connaît peu sur les habitats marins de l'eulakane, tout impact suggéré n'est qu'hypothétique. Les impacts d'un déversement dans des eaux marines intérieures – lesquelles servent d'aires de repos aux eulakanes prégénésiques (en particulier le chenal marin de Douglas) avant leur entrée dans les rivières – pourraient toutefois être l'élément le plus préoccupant. L'eulakane pourrait être présent dans ces zones pendant plusieurs mois, et un déversement qui surviendrait à cet endroit à la fin de l'hiver pourrait poser des risques pour une proportion importante des populations d'eulakane qui s'y trouvent (Rogers et Birtwell, 1990).

### Hareng

Des recherches approfondies menées dans le golfe du Prince William montrent que la marée noire de l'Exxon Valdez a eu des effets néfastes à court terme sur les œufs, les embryons, les larves et les adultes du hareng du Pacifique (Carls *et al.*, 2002). Cet incident a également eu des effets néfastes à long terme sur les œufs de poisson, qui ont été causés par l'exposition chronique au pétrole séquestré, lequel peut demeurer présent pendant des années après un déversement (Peterson *et al.*, 2003).

Il y a aussi des incidences potentielles directes sur les œufs en incubation dans les frayères. Cependant, les principales zones de frai sont généralement bien connues et les risques pour chacune de ces zones pourraient être évalués en fonction (i) de la période de l'année où survient le déversement; (ii) du volume du déversement; et (iii) du lieu du déversement en regard de l'emplacement des frayères, des courants dominants et des marées. De façon générale, toutefois, tout contact direct entre des œufs de hareng et des produits pétroliers (y compris la fraction hydrosoluble) serait létal (Hay 1986a; Hay et McCarter, 1991, 1997).

Chaque année, les larves de hareng sont omniprésentes durant une période de huit à dix semaines, tout le long des zones côtières du nord de la province. En général, les larves se trouvent dans les eaux de surface (20 m supérieurs) et peuvent subir des migrations diurnes; bon nombre d'entre elles pourraient donc être directement exposées aux eaux de surface et aux nappes d'hydrocarbures en cas de déversement. Il est également plausible de croire qu'une exposition pourrait résulter de l'ingestion de zooplancton contaminé par des hydrocarbures (principalement des œufs d'invertébrés et des copépodes nauplii) (Hay 1986a,b; Hay et McCarter, 1991, 1997; Peterson *et al.*, 2003).

Les harengs juvéniles ont tendance à rester dans les eaux littorales durant leur première année de vie, en particulier durant le premier été et automne (principalement de juin à octobre). En cas de déversement, les juvéniles pourraient être exposés aux hydrocarbures présents dans les eaux de surface ou les eaux de fond, en particulier à des profondeurs de 50 m ou moins. Dans bon nombre de régions, les juvéniles ont tendance à utiliser les algues marines et le varech comme habitats, de sorte que la contamination de ces habitats pourrait donner lieu à une exposition prolongée (Haegele, 1997; Haegele *et al.*, 2005; Thompson et Therriault, 2006, 2007; Thompson et Hrabok, 2007; Thompson et Schweigert, 2007).

La plupart des harengs dans les eaux de la Colombie-Britannique sont migrateurs, ceux-ci passant l'été et l'automne à se nourrir le long du plateau continental. Ils font l'objet de migrations diurnes entre les eaux de surface (la nuit) et les zones benthiques (le jour). Par conséquent, des déversements qui surviendraient dans des zones extracôtières occupées par des harengs adultes pourraient entraîner une exposition à des hydrocarbures, en surface ou dans les habitats benthiques avec les composés de haute densité (comme dans le cas de la marée noire causée par l'Exxon Valdez). En général, l'aire de répartition du hareng est plus vaste durant l'été; il est donc probable que de petits déversements durant cette période poseraient moins de risques pour les harengs que des déversements survenant en hiver (ceci dépendant du lieu) – une période où le hareng peut être concentré en un nombre relativement plus faible de zones d'hivernage. À titre d'exemple, un déversement durant l'hiver touchant la côte inférieure est de Haida Gwaii (en particulier la baie Juan Perez) pourrait avoir une incidence sur l'ensemble des stocks de hareng de Haida Gwaii. De même, des déversements dans la région de l'entrée Browning ou le nord de l'île Porcher pourraient toucher la majeure partie (sinon la totalité) des stocks de hareng du district de Prince Rupert (Hay 1986b; McCarter *et al.*, 1987; Keiser *et al.*, 1987; McCarter *et al.*, 1988).

On ne sait pas avec certitude si le hareng peut détecter et éviter les eaux contaminées par des hydrocarbures. Cependant, des données recueillies durant le déversement survenu à Nestucca (1989) indiquent clairement que le hareng a changé de lieux de frai, délaissant les lieux habituels le long des côtes nord-ouest du bassin de Barkley au profit de nouveaux endroits dans l'archipel Broken Group (Hay et Kronlund, 1987; Hay et McCarter, 1999, 2006; Hay *et al.*, 2009).

### Flétan

Il n'existe à notre connaissance aucun rapport évalué par des pairs qui a examiné les effets de déversements d'hydrocarbures sur le flétan du Pacifique. Cependant, des expériences réalisées sur d'autres espèces de poisson plat montrent que les œufs et les larves pélagiques peuvent être sensibles à la mortalité aiguë et aux effets sur le développement à long terme résultant d'une exposition à des hydrocarbures. À titre d'exemple, des expériences antérieures sur les effets du benzo[a]pyrène (un hydrocarbure aromatique polycyclique) sur le développement de trois autres espèces de poisson plat font état d'effets négatifs sur le développement des œufs et des larves de deux des trois espèces étudiées (Landolt *et al.*, 1981). Le benzo[a]pyrène est présent dans les pétroles bruts et dans bon nombre d'autres produits pétroliers, et les concentrations utilisées pour ces expériences étaient comparables à celles mesurées dans des ports pollués. Dans un deuxième exemple, les effets d'un déversement de 828 000 gallons (US) de carburant diesel et de mazout sur les embryons d'une autre espèce de poisson plat – la plie rouge – ont été étudiés (Hughes, 1999). Selon les estimations, l'effet cumulatif de l'exposition aux hydrocarbures a entraîné une réduction de 51 % du nombre d'embryons de plie rouge ayant survécu jusqu'au stade larvaire.

On ne sait pas avec certitude dans quelle mesure les œufs et les larves pélagiques du flétan seraient exposés ou sensibles à des déversements qui pourraient survenir dans le cadre du projet Northern Gateway d'Enbridge. Les aires de frai en hiver du flétan du Pacifique incluent des régions situées aux extrémités nord et sud de Haida Gwaii, mais on ne sait pas si le frai et la dispersion des larves se produisent dans le détroit d'Hécate ou les bras de mer continentaux du nord de la Colombie-Britannique (Valero et Webster, 2012). Le flétan fait l'objet d'une pêche commerciale dans toutes ces régions.

### Phoque commun

Le phoque commun est une espèce à distribution étendue dans la zone d'évaluation en eaux confinées du chenal et en eaux libres, et il pourrait être touché par un déversement

d'hydrocarbures. Frost *et al.* (1994), par exemple, ont observé une diminution importante du nombre de phoques dans les sites du golfe du Prince William contaminés par des hydrocarbures à la suite de la marée noire causée par l'Exxon Valdez, par comparaison aux sites non contaminés, et ils ont estimé que le déversement avait causé la mort d'environ 300 phoques, bien qu'il soit possible que les perturbations causées par les opérations de nettoyage aient provoqué le déplacement des phoques (Hoover-Miller *et al.*, 2001). Il convient toutefois de préciser que le nombre de blanchons l'année suivante a été de 26 % inférieur à la normale et que des échantillons de tissus prélevés d'animaux recueillis dans des zones fortement contaminées par des hydrocarbures contenaient des concentrations élevées d'hydrocarbures pétroliers.

## Conclusions

Les effets à court et à long terme observés sur certains biotes, à la suite d'une exposition à des hydrocarbures aromatiques polycycliques due à la contamination de l'environnement par le pétrole, sont documentés dans divers ouvrages scientifiques. Les agents de stress peuvent modifier la sensibilité des individus, des populations, des communautés et des écosystèmes à la variabilité du climat (Perry *et al.*, 2009). Au niveau de l'écosystème, la « perte de la biodiversité, incluant la disparition de sous-unités génétiquement distinctes d'une population, et la perte des profils spatiaux de ces sous-unités » (traduction) peuvent faire en sorte que les écosystèmes réagiront plus rapidement à la variabilité du climat (Perry *et al.*, 2009).

Les impacts sur les ressources halieutiques marines, qui résulteraient d'un déversement de pétrole causé par un incident impliquant un pétrolier dans les eaux confinées d'un chenal ou en eaux libres, varieraient en fonction de nombreuses variables, notamment l'importance ou le volume du déversement, l'étendue spatiotemporelle du déversement et la saison durant laquelle il survient, et toutes ces variables auraient une incidence sur l'ampleur des effets sur les espèces et les stades sensibles du cycle vital. De même, le rétablissement de l'écosystème dépendrait de divers facteurs, notamment de la fécondité, de l'âge à maturité, du stade biologique, de la stratégie de reproduction et de la connectivité de la population des composantes touchées de l'écosystème (Samhouri et Levin, 2012).

Les scientifiques de Pêches et Océans Canada ne peuvent, à ce stade-ci, quantifier l'ampleur et la durée des impacts d'un déversement pour les individus, les populations et les habitats de toutes ces ressources marines dans les eaux confinées d'un chenal et en eaux libres.

Comme aucun plan de surveillance des effets sur le milieu marin n'a été élaboré, aucune évaluation ne peut être faite pour l'instant.

## Collaborateurs

| Nom | Organisme d'appartenance |
|---|---|
| Linda Nichol | Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique |
| Sean MacConnachie | Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique |
| James Boutillier | Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique |
| Jennifer Bolt | Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique |
| Peter Olesiuk | Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique |
| Andrew Edwards | Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique |
| Douglas Hay | Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique |
| Jaclyn Cleary | Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique |
| Greg Workman | Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique |
| Laura Brown | Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique |
| Linda Nichol (Editor) | Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique |
| Marilyn Joyce (Editor) | Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique |

## Approuvé par

Laura Brown
Gestionnaire, Division des écosystèmes marins et de l'aquaculture
Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Nanaimo (Colombie-Britannique)

## Sources de Renseignements

Carls, M.G., Marty, G.D. and Hose, J.E. 2002. Synthesis of the toxicological impacts of the *Exxon Valdez* oil spill on Pacific herring (*Clupea pallasi*) in Prince William Sound, Alaska, U.S.A. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 59, p. 153 à 172.

Frost, K.J., Lowry, L.F., Sinclair, E., Ver Hoef, J. and McAllister, D.C. 1994. Impacts on distribution, abundance, and productivity of harbor seals. Pages 97 à 118 *in* T.R. Loughlin, ed. Marine mammals and the Exxon Valdez. Academic Press, Inc. San Diego, CA.

Haegele, C.W. 1997. The occurrence, abundance and food of juvenile herring and salmon in the Strait of Georgia, British Columbia in 1990 to 1994. MS Rept. 2390.

Haegele, C.W., Hay, D.E., Schweigert, J.F., Armstrong, R.W., Hrabok, C., Thompson, M. and Daniel, K. 2005. Juvenile herring surveys in Johnstone and Georgia Straits, 1996 to 2003. Data Rept. 1171.

Hay, D.E. 1986a. Larval herring distribution in Hecate Strait. p 20. *In* A.V. Tyler (ed.). Hecate Strait Project: results of the first two years of multispecies fisheries research. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1470: 50 pages.

Hay, D.E. 1986b. A stock hypothesis based on spawn and winter distribution. p. 145 à 148. *In* C.W. Haegele (ed.). Proceedings of the fifth Pacific coast workshop, 29 et 30 octobre 1985. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1871. 164 pages.

Hay, D.E. and Kronlund, A.R. 1987. Factors affecting the distribution, abundance, and measurement of Pacific herring (*Clupea harengus pallasi*) spawn. Can. J. Fish. Aquat. Sci.44: 1181 à 1194.

Hay, D.E. and McCarter, P.B. 1991. Retention and dispersion of larval herring in British Columbia Canada and implications for stock structure. Pages 107 à 114. *In* Westpestad V, Collie J, Collie E, (eds) Proceedings of the International Herring Symposium, 23 au 25 octobre, 1990, Anchorage, Alaska. Alaska Sea Grant College Program Report N° 91-01.

Hay, D.E. and McCarter, P.B. 1997 Larval retention and stock structure of British Columbia herring. J. Fish. Biol. 51:155 à 175.

Hay, D.E. and McCarter, P.B. 1999. Distribution and timing of herring spawning in British Columbia. Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks. Document de recherche 1999/14.

Hay, D.E. and McCarter P.B. 2000. Status of the eulachon *Thaleichthys pacificus* in Canada. Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks. Document de recherche 2000/145. 92 pages.

Hay, D.E. and McCarter, P.B. 2006. Herring spawning areas of British Columbia: A review, geographical analysis and classification. Revised MS Rept. 2019.

Hay, D.E., McCarter, P.B., Daniel, K.S. and Schweigert, J.F. 2009. Spatial diversity of Pacific herring (*Clupea pallasi*) spawning areas. ICES J. Mar. Sci. 66: 1662 à 1666.

Hoover, A., Parker, K.R. and Burns, J.J. 2001. A reassessment of the impact of the Exxon Valdez oil spill on harbor seals (*Phoca vitulina richardsi*) in Prince William Sound, Alaska. Marine Mammal Science. 17: 111 à 135.

Hughes, J.B. 1999. Cytological-cytogenetic analysis of winter flounder embryos collected from the benthos at the barge North Cape oil spill. Marine Pollution Bulletin. Vol. 36: 30 à 35.

Incardona, J.P., Vines, C.A., Anulacion, B.F., Baldwin, D.H., Day, H.L., French, B.L., Labenia, J.S., Linbo, T.L., Myers, M.S., Olson, O.P.,Sloan, C.A., Sol, S., Griffin, F.J., Mernard, K., Morgan, S.G., West, J.E., Collier, T.K., Ylitalo, G.M.,Cherr G.N., and Scholz, N.L. 2011. Unexpectedly high mortality in Pacific herring embryos exposed to the 2007 Cosco Busan oil spill in San Francisco Bay. *In* Proceedings of the National Academy of Sciences; DOI: 10.1073/pnas.1108884109.

Kieser, R., Hay, D.E., Haegele, C.W., Miller, D.C. and Mulligan, T.J. 1987. Hydroacoustic herring survey results and trawl catches from Hecate Strait, October 15 to November 5, 1984. G.B. REED cruise GBR84C and M/V CANADIAN #1 cruise CAN84-1. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1917: 107 pages.

Landolt, M.L., Hose, J.E., Hannah, J.B., Miller, B.S., and Felton, S.P. 1981. Uptake of benzo(a)pyrene by gonadal tissue of flatfish (Family Pleuronectidae) and its effects on subsequent egg development. J. Toxicol. & Environ. Health. Vol. 7.6: 991 à 1000.

McCarter, P.B. and Hay, D.E. 1999. Distribution of spawning eulachon stocks in the central coast of British Columbia as indicated by larval surveys. Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks. Document de recherche 1999/177. 63 pages.

McCarter, P.B., Kieser, R., Hay, D.E. and Miller, D.C.1987. Hydroacoustic herring survey results and trawl catches from Hecate Strait, November 26 to December 12, 1985. G.B. REED Cruise GBR85E and M.V. SUNNFJORD cruise SUN85- 1. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1940: 131 pages.

McCarter, P.B., Kieser. R., Hay, D.E., and D.C. Miller. 1988. Hydroacoustic herring survey results and trawl catches from Hecate Strait, November 14-24, 1987. W. E. Ricker cruise WER87J. Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. 1997: 72 pages.

Nie, M., Yang, Q., Jiang, L. Fang, C., Chen, J., and Li, B. 2010. Do plants modulate biomass allocation in response to petroleum pollution? *In* Biology Letters; Vol. 6 n° 6, p. 811 à 814.

Perry, R.I., Cury, P., Brander, K., Jennings, S., Mollmann, C., and Planque, B. 2009. Sensitivity of marine systems to climate and fishing: Concepts, issues and management responses. J. Mar. Systems. Vol. 79, Issue 3-4, p. 427 à 435.

Peterson, C.H., Rice, S.D., Short, J.W., Esler, D. and Bodkin, J.L. 2003. Long-Term Ecosystem Response to the Exxon Valdez Oil Spill. *In* Science; Vol 302, N° 5653, p. 2082 à 2086; DOI: 10.1126/science.1084282.

Rogers, I.H. and Birtwell, I.K. 1990. The Pacific eulachon (*Thaleichthys pacificus*) as a pollution indicator organism in the Fraser River estuary, Vancouver, British Columbia. The Science of the Total Environment; Vol. 97/98, p. 713 à 727.

Samhouri, J.F. and Levin, P.S. 2012. Linking land- and sea-based activities to risk in coastal ecosystems. Biological conservation. Vol. 145. p. 118 à 129

Thompson, M. and Hrabok, C. 2007. Strait of Georgia juvenile herring survey, 2004. MS Rept. 2821.

Thompson, M. and Therriault, T.W. 2006. Central coast juvenile herring survey, August 2004. MS Rept. 2758.

Thompson, M. and Therriault, T.W. 2007. Queen Charlotte Islands juvenile herring survey, August 2005. MS Rept. 2822.

Thompson, M. and Schweigert, J.F. 2007. Strait of Georgia juvenile herring survey, September 2005 and October 2006. MS Rept. 2825.

Valero, J.L. and Webster, R.A. 2012. Current understanding of Pacific halibut migration patterns. Int. Pac. Halibut Comm. Report of Assessment and Research Activities 2011:341-380

Waldichuk, M. 1993. Fish habitat and the impact of human activity with particular reference to Pacific salmon. *In* L.S. Parsons and W.H. Lear (eds), Perspectives on Canadian marine fisheries management. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 226.

## Ce rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques de la région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique)
Canada V9T 6N7

Téléphone : 250-756-7208
Courriel : CSAP@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-3793 (imprimé)
ISSN 1919-3815 (en ligne)
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2013

*An English version is available upon request at the above address.*

## La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2013. Réponse du secteur des Sciences aux demandes d'information présentées lors des audiences sur l'étude d'impact sur l'environnement du projet d'oléoduc de la pétrolière Enbridge concernant l'évaluation du risque biologique et gestion des déversements. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Rép. des Sci. 2012/025.